



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Dinámica del glaciar Pucahirca y su impacto en la
estabilidad del dique morrénico de la laguna Safuna
Alta (Cordillera Blanca – Áncash)**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Geotécnia

AUTOR

Nelson SANTILLÁN PORTILLA

ASESOR

Néstor Italo CHACÓN ABAD

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Santillán, N. (2017). *Dinámica del glaciar Pucahirca y su impacto en la estabilidad del dique morrénico de la laguna Safuna Alta (Cordillera Blanca – Áncash)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

1200
261
5(2)
129



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y
GEOGRÁFICA



UNIDAD DE POSGRADO

«Año del buen servicio al ciudadano»

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, a los veintiséis días del mes de junio del 2017, siendo las 16:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 377/UPG-FIGMMG/2017 del 24 de junio del 2017, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«DINÁMICA DEL GLACIAR PUCAHIRCA Y SU IMPACTO EN LA ESTABILIDAD DEL DIQUE MORRÉNICO DE LA LAGUNA SAFUNA ALTA CORDILLERA BLANCA - ANCASH»

Que, presenta el Bach. NELSON SANTILLÁN PORTILLA, para optar el GRADO DE MAGÍSTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTÉCNIA.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente 01905-FIGMMG-2013 del 06 de abril del 2013, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

..... Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el GRADO DE MAGÍSTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTÉCNIA al Bach. NELSON SANTILLÁN PORTILLA.

Siendo las 17:00 horas, se dio por concluido al acto académico

DR. CARLOS FRANCISCO CARRERA CARRANZA
Presidente

MG. ENRIQUE GUADALUPE GÓMEZ
Secretario

DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Miembro

MG. WALTER JAVIER DÍAZ CARTAGENA
Miembro

DR. NESTOR ITALO CHACÓN ABAD
Asesor

RESUMEN

De acuerdo al último Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas Altoandinas, realizado por la Autoridad Nacional del Agua, las mayores masas de hielo tropical de la tierra, se encuentran emplazadas en la Cordillera Blanca de nuestro país (830 km²). Coincidentemente, desde que se evidenció y agudizó el calentamiento global (que tiene carácter planetario), se tiene registrado al departamento de Ancash, como la zona de mayor índice de ocurrencia de catástrofes naturales de origen glaciar. Se ha realizado un listado cronológico de los referidos eventos catastróficos, que datan desde el año 1702, donde se observan ocurrencias como Ranrahirca, que fue cubierto en tres oportunidades por hielo y escombros provenientes del Nevado Huascaran; Huaraz en 1941, donde fue sepultado un tercio de la ciudad por el flujo aluviónico proveniente de la laguna Palcacocha al romperse y desbordarse violentamente; Huari en 1945; Yungay en 1960, entre otros.

Analizando los eventos catastróficos señalados, se observa que gran parte de ellos, han tenido la siguiente secuencia: Avalancha de hielo sobre la laguna, formación de ondas con alta carga de energía cinética, que logran romper el dique morrénico y, desborde violento del agua formando el flujo aluviónico que arrasa todo a su paso, con su destino final que son las poblaciones o ciudades emplazados en su ámbito de influencia.

La presente Tesis, aborda la secuencia descrita para el caso del glaciar Pucahirca y la laguna Safuna Alta, ubicados en la vertiente occidental de la Cordillera Blanca, cabecera de la sub cuenca Quitaracsa, tributario del río Santa; haciendo uso de modelos matemáticos, la hidrología, hidráulica, geotécnica, geodinámica externa, de herramientas como la geomática, el sistema de información geográfica (SIG), entre otros, analizando la dinámica y comportamiento del referido glaciar, la estabilidad del dique morrénico de la laguna y la formación del flujo aluviónico. Adicionalmente, se propone medidas de seguridad física, con infraestructuras que controlen y minimicen los riesgos latentes.

Para las condiciones evaluadas, con los datos de ingreso obtenidos de la simulación de avalancha, la Avenida Máxima de la quebrada Safuna, que en un período de retorno de 50 años es de 17,5 m³/seg, la inestabilidad geotécnica del dique morrénico de 0.66, el volumen del hielo que impacta a la laguna Safuna Alta 24.80 MMC, velocidad máxima de impacto 72.0 m/seg, la presión de impacto calculado de 5171 Kpa, la formación de oleajes de hasta 127 m de altura, volumen de desborde 8.0 MMC de agua; los parámetros generales para modelamiento de aluvión como la velocidad inicial de desborde 30 m/s, densidad de flujo 1800 kg/m³, tiempo de retardo 5.0 seg, caudal pico estimado 10 000 m³/seg, parámetros de fricción $\mu = 0.003$ y $\xi = 500$ m/s² calibrados en base a simulaciones de flujos de escombros ocurridos; el impacto producido por avalancha de hielo sobre la laguna generará oleajes de gran magnitud, con la consecuente ruptura del dique morrénico y el desborde de la laguna Safuna con volumen de 8,0 MMC y la velocidad inicial de desembalse de 30 m/seg. La fuerza de la energía cinética del flujo en el cauce, producirá erosión y arrastre de material convirtiéndose en un flujo hiperconcentrado e hiperviscoso; es decir acarreará material fino, grueso y rocas.